ESTUDIO DE RECONVERSIÓN DE EQUIPOS DE ACPM A GAS NATURAL "HOSPITAL UNIVERSITARIO SAN JORGE DE PEREIRA"

RESUMEN
El presente artículo presenta un análisis de rendimiento y operación de los equipos del "Hospital San Jorge de Pereira" que trabajan con "acpm" como combustible y su comportamiento si estos trabajaran con "gas natural" con el objeto de minimizar los costos, mejorar su eficiencia y buscar una producción mas limpia. Los costos de la nueva alternativa también son analizados.

PALABRAS CLAVES: Gas Natural, ACPM, reconversión de equipos.

JUAN CARLOS BURBANO
Profesor asistente, M.Sc., I.M.
Facultad de Ingeniería Mecánica
U.T.P.
jburbano@utp.edu.co

HÉCTOR FABIO MARÍN J.*
GUSTAVO ANDRÉS RESTREPO D.*
* Ingenieros Mecánicos
Facultad de Ingeniería Mecánica
U.T.P.

ABSTRACT
This paper shows an efficiency and operation analysis of equipment at "Hospital San Jorge de Pereira" that works with fuel-oil and their behavior if they were working with "natural gas" in order to minimize the cost, improve their efficiency and obtain a clean environment production. The cost of new alternative is also analyzed.

KEYWORDS*: Natural Gas, fuel-oil, equipment conversion.*

1. INTRODUCCIÓN

La crisis eléctrica que sufrió el país hace ya varios años puso en evidencia la necesidad de tener una oferta diversificada de energía y la racionalidad en desarrollar e impulsar energéticos de menor costo, como el gas natural.

El país cuenta con reservas suficientes de gas natural para atender la demanda, cuya proyección muestra los siguientes crecimientos por los próximos 10 años:
Demanda de gas para uso doméstico: crecimiento del 8% anual.
Demanda de gas para uso industrial: 14% anual.
Demanda para uso vehicular: 36% anual.

En los siguientes ítems, se presenta un estudio realizado a los equipos del Hospital Universitario San Jorge que trabajan con ACPM y su reconversión para que operen con Gas Natural. Se incluye una pequeña definición de los combustibles involucrados en este estudio, así como las áreas de aplicación del cambio de combustible en nuestro país.

2. DEFINICIÓN DE LOS COMBUSTIBLES

2.1 Gas natural. El gas natural es una energía de origen fósil que se encuentra en el subsuelo y procede de la descomposición de materia orgánica atrapada entre estratos rocosos. Los yacimientos de petróleo casi siempre llevan asociados una cierta cantidad de gas natural, que sale a la superficie junto con él cuando se perfora un pozo aunque, hay pozos que proporcionan solamente gas natural.

Fecha de recepción: Mayo 28 de 2004
Fecha de aceptación: 23 Julio de 2004

Por lo tanto, su composición, su gravedad específica, su peso molecular y su poder calorífico son diferentes en cada yacimiento. El rango de variación del poder calorífico está entre 900 y 1400 Btu/pie^3.

El país cuenta actualmente con doce campos principales de producción de gas, los cuales se encuentran localizados en cuatro regiones: Costa Atlántica, Santander, Llanos Orientales y en el Huila-Tolima.

Al finalizar el 2000 las reservas remanentes de gas en el país eran de 4.539,2 GPC, de las cuales 102,74 GPC corresponden a la operación directa de Ecopetrol y las restantes 4.436,45 a la operación asociada (básicamente con Texas, B.P., Total, Triton, Amoco, Lasmo y Hondo).

La producción para ventas de gas natural seco durante el 2000 fue de 574 millones de pies cúbicos por día en promedio, cifra superior en 14.16% a la del año 1999.[8].

2.2 Diesel Corriente (ACPM). El ACPM, Aceite Combustible para Motores (Diesel), es un destilado medio obtenido de la destilación atmosférica del petróleo crudo, en tal forma que su índice de cetano, el cual mide la calidad de ignición, sea de 45 mínimo.

Está diseñado para ser usado como combustible en vehículos con motores Diesel, para generar energía mecánica y eléctrica y en quemadores de hornos, secadores y calderas.

Las características de combustión de los combustibles diesel se expresan en términos del número de cetano, una medida del retrazo en el encendido, es decir el periodo

entre la inyección y el encendido, para que el motor funcione de manera suave. Algunos combustibles diesel contienen mejoradores del cetano que por lo general son nitratos de alquilo.

La lista de aditivos utilizados en los combustibles diesel ha aumentado en los últimos años debido al uso cada vez más frecuente de combustibles obtenidos por craqueo, en vez de destilados directos exclusivamente. Además de los mejoradores del cetano, la lista incluye antioxidantes, inhibidores de la corrosión y dispersantes. La adición de estos últimos es para evitar la aglomeración de gomas o depósitos de lodos, de manera que dichos depósitos puedan pasar por los filtros, los inyectores y las partes del motor sin atascarlos.

3. ÁREAS DE APLICACIÓN DEL CAMBIO DE COMBUSTIBLE

La campaña para masificar el consumo de gas natural ha sido de gran impacto en el sector del transporte. La meta del ministerio de transporte es tener en diez años cerca de 70.000 vehículos funcionando con gas natural comprimido [8].

El Gas Natural Vehicular (GNV), como se le conocerá en Colombia, no sólo es un combustible más limpio, que cumple con estrictas normas de cuidado del medio ambiente como las normas europeas y las exigidas por el CARB (California Air Resources Bureau) sino más seguro y como si fuera poco, más barato.

En Colombia, el consumidor de GNV podrá ahorrar 40% de lo que le cuesta un galón de gasolina corriente, sin sobre tasa, por cada 100.000 BTU o unidades térmicas, que es como se mide la energía.

De esa manera, el país ha entrado de lleno y con todo el empuje en la era de los combustibles gaseosos. La idea es que para el año 2010, setenta mil vehículos, especialmente de transporte público, ubicados en las principales ciudades del país, se movilicen con gas natural vehicular.

Otra de las aplicaciones más importantes del gas natural es la generación de energía a través de temoeléctricas que pueden utilizar diversidad de combustibles. Dada la disponibilidad de recursos energéticos (carbón, combustóleo, Crudo de Castilla y gas natural) para generación térmica, las tecnologías que actualmente serían más aplicables a nuestro país son las plantas convencionales de generación de vapor y alimentación a turbogeneradores utilizando carbón pulverizado como combustible. Como segunda opción se tienen las turbinas de combustión de ciclo simple basadas en gas natural y las turbinas de combustión de ciclo combinado, utilizando igualmente gas natural.

La generación de energía a partir del gas natural es una realidad. Las termoeléctricas, cuyo combustible para la producción de electricidad es el gas natural, suplen actualmente el 36 por ciento de la demanda eléctrica total del país y se espera que complementen y le den más firmeza al sistema hidrotérmico nacional. Una de ellas es la Planta de Generación Eléctrica "Las Flores", central ubicada en Barranquilla.

4. ANÁLISIS ACTUAL DE LOS EQUIPOS "HOSPITAL SAN JORGE DE PEREIRA"

Se pretende realizar un análisis detallado del funcionamiento actual de los equipos y el consumo de combustible, para tener una idea clara de cuales son los requerimientos de operación y así estos puedan realizar sus funciones de igual o mejor forma que con el combustible que operan actualmente. Los equipos a los cuales se les estudia la reconversión son:

- Horno incinerador.
- Calderas y áreas a fines.
- Equipos de cocción.

4.1 Horno Incinerador. Los hornos incineradores de basuras funcionan bajo los principios de aire controlado y por ende no tienen las limitaciones inherentes a la quema incontrolada.

Los incineradores emplean dos cámaras para lograr éste proceso de incineración con aire controlado, ellas se denominan cámara de combustión y cámara de postcombustión. El buen desarrollo de las características antipolución depende de cómo se controlan las condiciones de estas dos cámaras.

En la cámara de combustión se depositan las basuras a ser incineradas y se inyecta menos aire del necesario para hacer una buena combustión. Con esto se logra un sistema de oxidación parcial, que va a dar como resultado una salida relativamente baja a los gases generados por la quema, allende de una menor temperatura por la combustión lenta.

Figura 1. Horno incinerador.

La temperatura de la cámara de combustión se debe mantener en 800°C aproximadamente con ayuda de la carga. Esto significa que se debe obtener una frecuencia de cargue tal que, la temperatura de esta cámara no descienda ni aumente mucho. El control de temperatura de esta cámara queda en 600°C y siempre la temperatura real de la misma esta por encima de la graduada.

La temperatura de la cámara de postcombustión se debe mantener en aproximadamente 950°C y a esto ayuda también, el mantener una frecuencia adecuada de cargue. El control de temperatura de esta cámara se gradúa en 950°C. y como se dijo anteriormente, si se mantiene una frecuencia adecuada de cargue el quemador de postcombustión trabaja solamente por cortos períodos ayudando al ahorro de combustible.

Especificaciones del horno incinerador del Hospital San Jorge de Pereira:

Modelo: C-32.

Capacidad Sólidos:
Basura tipo 0 10% humedad 130 lb/hr.
Basura tipo 1 25% humedad 170 lb/hr.
Basura tipo 2 50% humedad 200 lb/hr.
Basura tipo 3 70% humedad 145 lb/hr.

Cámara de combustión:

Estructura exterior: Lámina C.R., Cal. 12. Aislante: 1".
Refractario: 3" Concrax 1500.
Puerta de cargue: (24 x 24)" de apertura horizontal. Sello en cordón de asbesto.
Puerta de remoción de cenizas: (16 x 16)" de apertura horizontal.
Quemadores: Uno para ACPM., tipo CONSUMAT, 350000 Btu/hr.
Encendido: Por medio de arco eléctrico de transformador de ignición 120V/10000.
Control de llama: electrónico por detección de fotocelda DANFOSS.
Control de temperatura: Un control LOVE, Mod. 248-K, rango 0-12000 °C.
Ventilador: Un ventilador de 0.9 HP., 500 CFM para el quemador con válvula de acción manual.
Combustible: ACPM.
Temperatura de operación: 800 °C.

Cámara de Postcombustión.

Estructura exterior: Lámina C.R., Cal. 12. Aislante: 1".
Refractario: 4" Concrax 1500.
Quemador: Uno para ACPM., tipo CONSUMAT, 500000 Btu/hr.
Encendido: Por medio de arco eléctrico de transformador de ignición 120V/10000.
Control de llama: electrónico por detección de fotocelda DANFOSS.
Control de temperatura: Un control LOVE, Mod. 248-K, rango 0-12000 °C.
Ventilador: Un ventilador de 0.9 HP, 500 CFM para el quemador con válvula de acción manual.

4.2 Caldera
La caldera del Hospital San Jorge consta básicamente de los siguientes elementos:
Quemador de petróleo crudo.- El conjunto del quemador llena tres funciones:
Abastece de combustible (diesel o gas) al hogar de la caldera, Mezcla el combustible con el aire de la combustión surtido por el ventilador y enciende el combustible.
A fin de que el quemador funcione bien y que dé un rendimiento óptimo, debe darse a los componentes que maneja, tanto el combustible como el aire de combustión, una atención adecuada.

Figura 2. Caldera Hospital San Jorge

Conjunto del ventilador (Diesel y Gas).- El conjunto del ventilador suministra el aire para la combustión que se requiere para quemar el combustible. Es uno de los elementos de mayor importancia del sistema del quemador y por lo tanto requiere mantenimiento cuidadoso. Si se deja que el ventilador se ensucie, su eficiencia se rebaja y resultará en una combustión inadecuada.
Válvula moduladora de combustible.- Esta es una combinación de regulador de presión y válvula de control de alimentación. La presión del combustible suministrado por la bomba de combustible es regulada por un fuelle con presión de resorte que tiene una pequeña válvula que restringe el flujo de combustible a la tubería de retorno. El manómetro colocado en esta pieza mostrara presión únicamente si el fuelle se ha roto o picado, indicado la necesidad de su reemplazo.
Válvula de vaciado y limpieza.- Por acción de los lodos de la caldera que expuesta a fuerte desgaste de la superficie de asiento de esta válvula; por ello se usa corrientemente las válvulas de tipo blindado o de émbolo. Delante de la válvula de limpieza se dispone otro órgano de cierre para que sea posible reparar aquella con la caldera en funcionamiento. También hay accesorios para eliminación continua de lodos, dispuestos como grifos o válvulas de émbolos. Para vigilar la regularidad de

limpieza se utilizan aparatos que indican la frecuencia y duración de la extracción de lodos.

Refractario delantero y refractario de tapa trasera.- El refractario delantero esta instalado en el tubo de combustión y se localiza justo en frente del quemador. Su función es evitar la radiación de calor al quemador y darle forma (en parte) a la flama principal de combustible.

5. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD Y TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

La decisión de reconversión esta ligada con los costos de montaje y costos de operación de los equipos que actualmente están en operación, además se debe hacer una comparación de operación con diferentes combustibles para corroborar que la opción de reconversión sea la más económica en cuanto a consumo de combustible se refiere. Además del tipo de combustible que se utilice, un factor que altera considerablemente los costos de operación es el estado de los equipos, cuanto más deficientes se encuentren mas incrementos habrá en el consumo de combustible lo que trae como consecuencia incrementos en los costos de operación. En las siguientes tablas se hace un análisis detallado de costos de operación de las calderas teniendo en cuenta que trabajan a un 40% de su capacidad, horno incinerador y el área de la cocina. También se detallan los costos de los equipos necesarios para realizar la conversión de combustibles y el montaje de la red interna.

COSTOS PRELIMINARES	VALOR $
VALOR KWH PROMEDIO (REGULADOS Y/O NO REGULADOS)	247,00
COSTO METRO CÚBICO DE AGUA ALIMENTACIÓN TRATADA	1.468,80
VALOR M^3 DE GAS NATURAL	528,17
COSTO GALÓN DE GAS PROPANO PUESTO EN EL SITIO	2.100,00
COSTO GALÓN DE CRUDO PUESTO EN EL SITIO	1.900,00
COSTO GALÓN DE ACPM PUESTO EN EL SITIO	3.050,00
COSTO HORA/HOMBRE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	1.725,70

Tabla 1. Costos de operación preliminares para la caldera.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE				
COMBUSTIBLE	POTENCIA CALÓRICA		CONSUMO POR HORA	
GAS NATURAL	1.000	BTU/ft^3	124,88	m^3
GAS PROPANO	93.000	BTU/ Gln	45,16	Galones
CRUDO DE CASTILLA	146.000	BTU/ Gln	28,8	Galones
FUEL OIL N° 2 (ACPM)	138.000	BTU/ Gln	30,4	Galones

Tabla 2. Relación de consumo utilizando diferentes combustibles.

COSTO DE UNA (1) HORA DE OPERACIÓN		
GAS NATURAL		VALOR $
VALOR M^3 DE AGUA TRATADA SUMINISTRADA		2.533,68
COSTO DEL COMBUSTIBLE		65.955,19
COSTO DE ENERGÍA PARA AIRE DE COMBUSTIÓN (12% MENOS)		760,76
COSTO DE ENERGÍA PARA BOMBEO DE AGUA		2.198,30
VALOR HORA/HOMBRE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		517,71
COSTOS DE BTU/HORA PERDIDOS EN COMBUSTIÓN (0.5%)		353,79
GASTOS ADMINISTRATIVOS		2.892,78
CONTRIBUCIÓN ESTIPULADA POR EL GOBIERNO (8%)		5.276,42
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN POR HORA CON GAS NATURAL		**$ 80.488,63**
COSTO DE PRODUCCIÓN DE UNA LB VAPOR/HORA	**$ 23,33**	

Tabla 4. Costos de operación utilizando ACPM como combustible.

FUEL OIL N° 2 (ACPM)		VALOR $
VALOR M^3 DE AGUA TRATADA SUMINISTRADA		2.533,68
COSTO DEL COMBUSTIBLE		92.826,09
COSTO DE ENERGÍA PARA AIRE DE COMBUSTIÓN		864,50
COSTOS DE BTU/HORA PERDIDOS EN COMBUSTIÓN (2%)		1.856,52
COSTOS DE ALMACENAMIENTO (15 DÍAS - INTERESES 4.5% MENSUAL)		2.088,59
COSTO DE ENERGÍA PARA BOMBEO DE ACPM		6.520,80
VALOR HORA/HOMBRE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		1.380,56
COSTO DE ENERGÍA PARA BOMBEO DE AGUA		2.198,30
COSTO DE ATOMIZACIÓN DE CRUDO A RAZÓN 8.53 LBSVAPOR/HORA POR GALÓN		9,27
GASTOS ADMINISTRATIVOS		8.821,52
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN POR HORA CON ACPM		**119.099,83**
COSTO DE PRODUCCIÓN DE UNA LB./VAPOR/HORA	**$ 35**	

Tabla 3. Costos de operación utilizando gas natural como combustible.

COSTOS PRELIMINARES	VALOR
VALOR KWH PROMEDIO (REGULADOS Y/O NO REGULADOS)	$ 247,00
VALOR M^3 DE GAS NATURAL	$ 528,17
COSTO GALÓN DE GAS PROPANO PUESTO EN EL SITIO	$ 2.100,00
COSTO GALÓN DE CRUDO PUESTO EN EL	$ 1.900,00

SITIO	
COSTO GALÓN DE ACPM PUESTO EN EL SITIO	$ 3.050,00
COSTO HORA/HOMBRE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	$ 1.725,70

Tabla 5. Costos de operación del horno incinerador (capacidad utilizada 50%).

COSTO DE UNA (1) HORA DE OPERACIÓN	
GAS NATURAL	**VALOR**
COSTO DEL COMBUSTIBLE	$ 13.348,07
COSTO DE ENERGÍA PARA AIRE DE COMBUSTIÓN (12% MENOS)	$ 760,76
VALOR HORA/HOMBRE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	$ 517,71
COSTOS DE BTU/HORA PERDIDOS EN COMBUSTIÓN (0.5%)	$ 71,60
GASTOS ADMINISTRATIVOS	$ 587,93
CONTRIBUCIÓN ESTIPULADA POR EL GOBIERNO (8%)	$ 1.067,85
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN POR HORA CON GAS NATURAL	**$ 16.353,92**

Tabla 6. Costos de operación utilizando gas natural como combustible.

GAS NATURAL	**VALOR**
COSTO DEL COMBUSTIBLE	**$** 14.211,77
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN POR HORA CON GAS NATURAL	**$ 14.211,77**

Tabla 7. Costo de producción con gas natural para la cocina.

DESCRIPCIÓN DE LOS COSTOS	**VALOR**
RECONVERSIÓN DE LOS EQUIPOS	$ 113.765.007
INSTALACIÓN DE RED	$ 9.574.862
VALOR DE RECONVERSIÓN DEL HOSPITAL SAN JORGE DE PEREIRA	**$ 123.339.869**

Tabla 9. Referencia de costos totales de reconversión y montaje

TUB.	**VR TUBO**	**VR METRO**	**CANT (m)**	**CANT TUBO**	**VR SUB TOTAL**	**VR FINAL**
1/2	34.452	5.742	6	1	34.452	34.452
1	58.464	9.744	95	16	925.680	925.680
1 1/2	81.800	13.633	16	3	218.133	218.133
2 1/2	176.780	29.463	26	4	766.047	766.047
					SUBTOTAL	**1.944.312**

Tabla 10. Costos relacionados con la red interior del hospital

6. ANÁLISIS FINANCIERO.

Se trata de medir la viabilidad derivada de la ejecución del proyecto de reconversión de equipos. Por esta razón los niveles de factibilidad se expresaran después de hacer la evaluación del proyecto por el método de valor presente.

Fundamentalmente este estudio se hace comparando el valor presente del costo de operación e inversión inicial, de la alternativa propuesta y el valor presente del costo de operación de la alternativa actualmente existente. Para lograr esto se utiliza una tasa de interés de oportunidad del 7.9% (DTF) y se proyecta a cinco años.

Se tienen los siguientes datos:

Alternativa Gas Natural

Inversión inicial $ 123.339.869

Costo de operación anua $ 83.726.302

Alternativa ACPM

Costo de operación anual $ 123.758.769

Valor presente de alternativa de gas natural.

$$VP = \$123.339.869 + \$83.726.302 * \left[\frac{(1+0.079)^5 - 1}{(1+0.079)^5 * 0.079}\right] = \$\ 458.517.647$$

Valor presente de la alternativa de ACPM.

$$VP = \$\ 123.758.769 * \left[\frac{(1+0.079)^5 - 1}{(1+0.079)^5 * 0.079}\right] =$$

$ 495.437.971

De acuerdo ha los resultados anteriores y teniendo en cuenta que este análisis se realizó para observar el comportamiento de los costos de operación en un tiempo de 5 años, podemos observar que en esos 5 años el ahorro factible que tendría el Hospital Universitario San Jorge de Pereira será de $ 36.920.324 después de librar la inversión a los 3 años 8 meses lo que nos indica que esta

es una opción viable en cuanto a disminución de costos de operación se refiere.

7. CONCLUSIONES

Debido a la ubicación del Hospital Universitario San Jorge, la cobertura del anillo de gas natural que pasa por un costado da la posibilidad de contar con el caudal y presión de suministro suficiente para que los equipos puedan operar en óptimas condiciones y se puedan realizar las distintas labores sin ningún tipo de contratiempo.

En los equipos como las calderas del Hospital, es mucho más económico hacer en el momento de la reconversión unas adaptaciones físicas en el quemador, para que este quede dual, en vez de comprarse un quemador tipo paquete. A diferencia de éstos, en el horno incinerador es obligatorio conseguir los quemadores nuevos y que cumplan con la tecnología de atmósferas controladas, para un buen funcionamiento.

En la alternativa de reconversión, un factor de importancia es el costo de operación, comparando únicamente el valor de los combustibles como tal (ACPM o Gas Natural). El cambio a gas natural surge como una alternativa favorable en cuanto a disminución de costos de operación se refiere, pues para realizar la misma función estos costos son menores. Además, ante las constantes alzas que los combustibles como la gasolina y el ACPM vienen sufriendo debido a que estos precios están directamente afectados por el precio internacional, es otra razón por la cual el Gas Natural es una opción factible.

En cuanto a los costos de reconversión, el Hospital Universitario San Jorge debe realizar una inversión inicial considerable, pero debido a que la alternativa de la utilización del gas natural resulta desde todo punto de vista más económica, esta inversión inicial, después de ser realizada tiene un tiempo de recuperación factible de 3 años 8 meses, un tiempo bastante interesante desde el punto de vista financiero.

8. REFERENCIAS

[1]. BETANCURTH. Carlos Ernesto. División de equipos de combustión y calderas.
Casa Alemana LTDA.

[2]. CATALANA DE GAS Y ELECTRICIDAD S.A. Ahorro de energía en la industria, uso racional de los combustibles, Editorial Index. 1982.

[3]. DISTRAL S.A. Manual de funcionamiento y mantenimiento de caldera generadora de vapor. Cali.

[4]. EDS BUSES ARMENIA S.A. Manual del usuario GNC. Noviembre de 2000.

[5]. EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLÍN. Guía para el desarrollo e instalación de redes de gas. Medellín 1999.

[6]. GÁLVEZ, Carlos Eduardo. Coordinador técnico gas del Risaralda S.A. e.s.p.
Entrevista, Pereira 2002.

[7]. GALVIS BARRERA, Hernando. Combustión industrial, control y conversión a gas natural, Pereira – Aciem 1998.

[8]. GT INGENIERÍA Ltda. Uso industrial del gas natural. Ecopetrol vicepresidencia de comercio internacional y gas.